

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-003421

(43)Date of publication of application : 06.01.1999

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

(21)Application number : 09-153401 (71)Applicant : MEIDENSHA CORP

(22)Date of filing : 11.06.1997 (72)Inventor : SHIBATA MASAOKI
NIWAKAWA MAKOTO

(54) METHOD FOR DETECTING LINE SEGMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce computer storage capacity also to shorten computer processing time and to reduce the effect of noise by calculating an edge point that is equal to or more than threshold from the intensity of a differential value of an edge point and acquiring an image data that has inclination direction components.

SOLUTION: An edge image is acquired by performing image differential processing of image data that is inputted with a camera etc. The image differential processing acquires vertical differential image data and horizontal differential image data. The intensity of a differential value in each pixel is calculated based on the two differential image data and simultaneously the inclination direction of a differential point is calculated. An image that is maximum to a neighborhood point is defined as an edge maximum point in image data that shows differential intensity. A point that has a differential value which is larger than threshold which is preliminarily specified among edge maximum points acquired in such a way is

made an edge point and a set of those edge points is an edge image. The inclination direction of edge points in an edge image is acquired from image data that show the inclination direction of differential points and produces an edge image that has inclination direction components.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Carry out a picture differential process of a lengthwise direction and a transverse direction per image data and it asks for strength of a differential value for every pixel and a gradient direction of a differentiating point. A detecting method of a line segment provided with the technique of obtaining an edge image which searches for an edge point of having the maximal value of this differential value searches for an edge point more than a threshold from strength of a differential value of this edge point and has a gradient direction ingredient.

[Claim 2] A detecting method of the line segment according to claim 1 which acquires uniquely a transformation coordinate (θ and ρ) in the Hough flat surface by x-y coordinates and the gradient direction θ of an edge point.

[Claim 3] A detecting method of the line segment according to claim 2 which takes difference with a central point position of a picture for x-y coordinates of an edge point considers the gradient direction θ and acquires a transformation coordinate in the Hough flat surface.

[Claim 4] A detecting method of the line segment according to claim 2 which considers an error of error $\Delta\theta$ of a gradient direction and x-y coordinates establishes a virtual vote flat surface of a certain area on the Hough flat surface and was made to change edge dot data at this flat surface (vote).

[Claim 5] A detecting method of the line segment according to claim 4 which was made to cast its vote at two or more virtual vote flat surfaces per edge point.

[Claim 6] A detecting method of the line segment according to claim 4 or 5 which counts the number of times of vote in a virtual vote flat surface and removed a

virtual vote flat surface of the number of times below a threshold.

[Claim 7]A detecting method of the line segment according to claim 4 which was made to cast its vote at one virtual vote flat surface per edge point.

[Claim 8]A detecting method of the line segment according to claim 5 which constituted a data constellation and a voting data group of the number of this virtual vote flat surface and each virtual vote flat surface in vote to a virtual vote flat surface.

[Claim 9]A detecting method of the line segment according to claim 7 which constituted a data constellation and an edge-data group of this virtual vote flat surface in vote to a virtual vote flat surface.

[Claim 10]A detecting method of the line segment supposing edge information missing with data within a virtual vote flat surface according to claim 4.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]When carrying out feature extraction of this invention in what is called image processing it relates to the method of extracting the linear components in an edge image.

It is related with the calculation method which presumes the linear components stabilized especially at high speed.

[0002]

[Description of the Prior Art]In image processing extracting the straight line and line segment as a feature is widely performed in various fields from the image data inputted with the camera the image scanner or the image acquiring device. For example although a straight line a circle a character etc. are extracted from the raster data of the drawing inputted from the image scanner and being individually

changed as CAD data in a drawing reader respectively processing which extracts a straight line and its line segment made a part from drawing data at this time is performed. In the image inspection device when inspecting the position and direction of a portion of a line of an object part for example a line segment is detected out of the edge image obtained from the image data inputted from the image acquiring device by detecting edge the position and direction are measured and comparison checking is conducted.

[0003] Thus although the processing which extracts a line segment is indispensable the method of applying a straight line and a line segment so that what is called the least square method may be applied based on the coordinates of a set of the point assumed to constitute a line segment in any case and an error with a straight line or a line segment may become within constant value is common. The method of calculating the straight line or line segment which should be especially applied based on the coordinates of a set of a point at high speed is proposed by these people (Japanese Patent Application No. No. 251241 [eight to]) When the set of a point exists as a series of sequence of points these sequence of points are applied as one straight line or a line segment and when the set of a point exists as two or more sequence of points the technique of detecting sequence of points as an individual line segment is proposed.

[0004] Methods of generally reducing the influence of a noise also include the method of applying what is called Hough transformation. The point which forms a line segment is expressed as a fixed point along which the track group expressed with the parameter passes and this method obtains a parameter expression curve and specifies a line segment.

[0005] Anyway it is in an edge image and each point has distinguished whether it exists on the straight line extracted from sequence of points or a line segment and he is trying to remove the point of having been confused under the influence of a noise.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]When extracting a line segment from an edge image and judgment of being a noise is a difficult problem in addition for example a line segment is extracted out of an edge image the segment string which should be essentially extracted as one line segment may be extracted as two or more segment groups by the influence of the noise mixed in the picture. Even if a photograph is moreover taken under the same image acquiring condition also where the same object is installed in the same position and direction since this development is caused by the noise the length and the position of a line segment which are extracted out of an edge image may differ from each other. For this reason since the same line segment may not be extracted when conducting the inspection of the position and direction of an object part for example with an image inspection device there is a problem that a stable inspection is not guaranteed.

[0007]The local information on an edge image may be missing by mixing of a noise and there may be a point which is not recognized as edge by the influence in which the contrast of the picture acquired in addition to the noise is still more insufficient. Many phenomena of this latter are generated about the picture acquired in the environment where it is influenced by an extraneous light. In the object recognition in the factory which may picture under available light such as sunlight when acquiring a picture especially using a camera for example is not shaded the problem in industrial application also has that the influence on edge detection is great etc.

[0008]It is raised by the technique of having applied the above-mentioned Hough transformation as a line segment extraction method which is learned now and cannot be easily influenced by a noise as a method and this technique When (xiyi) express the coordinates of the arbitrary edge points in an edge image with x-y coordinates concretely It is considered as the fixed point where the track group expressed with the parameters θ and ρ passes along this point a parameter expression curve is obtained with θ - ρ coordinates a line segment is specified this transformation coordinate (θ , ρ) consists of the angle θ and

the distance ρ to a fixed point and coordinate transformation processing is performed. That is coordinates (x_i, y_i) are changed into the transformation coordinate (θ, ρ) which is the Hough (θ, ρ) flat surface and a following formula (1) is obtained.

$\rho = x_i \sin \theta + y_i \cos \theta \dots (1)$

Drawing 1 shows the example which expressed the fixed point of x-y coordinates at the Hough flat surface. A transformation coordinate (θ, ρ) is one curve like a graphic display.

[0009] Although the operation which projects here the combination searched for from x-y coordinates by the above-mentioned (1) formula (θ, ρ) to the Hough flat surface is called "vote" when performing this voting operation by computer processing a θ, ρ flat surface is divided in the shape of a lattice and the number of times which assigned and voted that lattice for the computer storage area is counted and memorized. And about ballot results a group [that there are many votes relatively (θ, ρ)] is recognized as a parameter showing line segment vote matter.

[0010] However the problem in the above-mentioned Hough flat surface is as follows. It is needing very many computer storage capacities in the first place first since a lattice-like θ, ρ flat surface's is constituted. In order to lessen a computer storage capacity it is solved by reducing the number of lattices but it is necessary to enlarge unit width of the value of θ and ρ and there is a problem which causes reduction of accuracy. As the second problem it is that much computation time is needed. This is because the group given by (1) formula by the number of times of vote about one edge point increasing dramatically (θ, ρ) is in a theory top infinite number.

[0011] In performing vote by Hough transformation in view of an above-mentioned problem this invention decreases a computer storage capacity and shortens computer processing time and provides the detecting method of the line segment which reduced the influence of a noise.

[0012] This invention which attains the above-mentioned purpose has the

following invention specific matter.

- (1) Carry out the picture differential process of a lengthwise direction and a transverse direction per image data and it asks for the strength of the differential value for every pixel and the gradient direction of a differentiating point. The edge point of having the maximal value of this differential value was searched for. The edge point more than a threshold was searched for from the strength of the differential value of this edge point and it had the technique of obtaining the edge image which has a gradient direction ingredient.
- (2) Acquire uniquely the transformation coordinate (θ , ρ) in the Hough flat surface by the x-y coordinates and the gradient direction θ of an edge point in (1).
- (3) In (2) take difference with the central point position of a picture for the x-y coordinates of an edge point, consider the gradient direction θ and acquire the transformation coordinate in the Hough flat surface.
- (4) In (2) the error of error $\Delta\theta$ of a gradient direction and x-y coordinates is considered. The virtual vote flat surface of a certain area is established on the Hough flat surface and it was made to change edge dot data at this flat surface (vote).
- (5) In (4) it was made to cast its vote at two or more virtual vote flat surfaces per edge point.
- (6) In (4) or (5) the number of times of vote in a virtual vote flat surface is counted and the virtual vote flat surface of the number of times below a threshold was removed.
- (7) In (4) it was made to cast its vote at one virtual vote flat surface per edge point.
- (8) In (5) the data constellation and voting data group of the number of this virtual vote flat surface and each virtual vote flat surface were constituted in the vote to a virtual vote flat surface.
- (9) In (7) the data constellation and edge-data group of this virtual vote side were constituted in the vote to a virtual vote flat surface.
- (10) Assume the edge information missing with the data within a virtual vote flat

surface in (4).

[0013] In this invention if it is stabilized a straight line or a line segment is extracted and it puts in another way even if there is disorder of the edge image by mixing of a noise a straight line and a line segment will be stably extracted for mixing of a noise as a premise. For this reason a differential process is performed about the picture first acquired from the image acquiring device and it asks for the strength and gradient direction of a differential value. Next its vote is cast to the virtual vote flat surface introduced on the improved Hough flat surface and linear components are extracted. And a line segment is detected based on the edge data for which its vote was cast at this virtual vote flat surface. It is adopted also as the technique of attaining improvement in the speed of processing.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Here with reference to drawing 2 - drawing 11 it explains per example of an embodiment of the invention. First about the image data inputted by the camera the image scanner or the image acquiring device a picture differential process is performed and an edge image is obtained. In this picture differential process each of the differential image data of the lengthwise direction which applied the one-dimensional differentiation filter to the picture lengthwise direction as shown in drawing 2 and the differential image data of the transverse direction which applied the one-dimensional differentiation filter to the picture transverse direction is obtained. The differentiated data corresponding to the edge of a transverse direction or a lengthwise direction is obtained by this lengthwise direction differentiation and transverse direction differentiation.

[0015] Next based on these two differential image data the mean square of the differential value of a lengthwise direction and a lateral differential value is calculated for every pixel and it asks for the strength of a differential value. It can come simultaneously the gradient direction of the differentiating point for every pixel is calculated based on the value of the differentiated data of the lengthwise direction for every pixel and the value of lateral differentiated data. By these two calculation two image data the image data which shows the strength of a

differential value and the image data which shows the gradient direction of a differentiating point will be obtained. Finally in the image data which shows the strength of differentiation the picture which is the maximum will be defined as an edge maximum point to a point soon. Here a point will point out soon two points located in the direction of the image data which is located in the edge pole great neighborhood of a point and shows the gradient direction of a differentiating point. [0016] In this way the point of having a bigger differential value than the threshold beforehand specified among the obtained edge maximum points is made into an edge point. In this way a set of the acquired edge point is an edge image. In this case the gradient direction of the edge point in an edge image can be obtained by referring to the image data which shows the gradient direction of the above-mentioned differentiating point. As a result the edge image which has a gradient direction ingredient will be generated.

[0017] θ Next for taking lessons from conversion (vote) of the Hough flat surface and stating set to (x_i, y_i) the x-y coordinates of the arbitrary edge points in the edge image produced by making it above and carry out the gradient direction which this edge point has. This gradient direction is obtained like the above-mentioned by referring to the image data which shows the differential direction of length and width. In this way conversion to a transformation coordinate (θ, ρ) is performed by using x_i and θ .

$\rho = x_i \sin \theta + y_i \cos \theta \dots (2)$

it obtains by this (2) formula -- having (θ, ρ) -- one point is expressed in a transformation coordinate and if x_i and θ are decided ρ will be determined inevitably. That is the coordinates in the Hough flat surface are determined by generation of the edge point of having a gradient direction ingredient and processing time and the amount of computations are reduced substantially. As for the above result shortening of processing time and reduction of the amount of computations are achieved by searching for the vote point coordinates (θ, ρ) of the Hough flat surface in quest of the gradient direction of an edge point using the value.

[0018] Next having been in charge of generating the edge image which has the direction component mentioned above and acquiring a transformation coordinate using this shortening of processing time and reduction of the amount of computations were achieved and the high-speed coordinate conversion method was obtained but improvement in calculation precision is aimed at further here. In asking for the gradient direction of the above-mentioned differentiating point the case where errors such as an error of measurement or a calculation error or a noise are included in the computed gradient direction data is assumed. The value change of ρ which sets to $\Delta\theta$ the error included in θ based on this assumption and is caused by this error is set to $\Delta\rho$.

[0019] At this time the relation between $\Delta\theta$ and $\Delta\rho$ is as follows.

$$\Delta\rho = \Delta\theta \left(\frac{d\rho}{d\theta} \right)_{\theta=\theta_i} \dots (3)$$

Here the formula of $d\rho/d\theta$ at $\theta=\theta_i$ expresses the differential value of ρ to θ in the case of $\theta=\theta_i$. Therefore $d\rho/d\theta$ is as follows.

$$\frac{d\rho}{d\theta} = -x \sin \theta + y \cos \theta = \sqrt{x^2 + y^2} \sin(\psi - \theta) \\ \psi = \arctan(y/x) \dots (4)$$

In this case (x, y) are edge point coordinates and θ expresses the gradient direction of an edge point. From above-mentioned (3) and (4) type it becomes clear that variation $\Delta\rho$ of ρ receives big influence in error $\Delta\theta$ of θ when the value of $(x^2 + y^2)$ is large. For this reason in order to reduce the influence by this error the following (5) types are applied instead of the above-mentioned (2) types.

$$\rho_i = (x_i - x_m) \cos \theta_i + (y_i - y_m) \sin \theta_i \dots (5)$$

However coordinates (x_m, y_m) express the central point position of a picture as shown in drawing 3. comparing each absolute value of this (5) type $x_i - x_m$ and $y_i - y_m$ with the absolute value of x_i or y_i -- the full screen -- an average of -- since it is set to one half -- the value of above-mentioned (4) type $d\rho/d\theta$ -- $1/\sqrt{2}$ root it is set to (2). And $\Delta\rho$ of (3) types is $1/\sqrt{2}$ root similarly. It becomes a value of (2). As a result computation accuracy is square root by (5) types. It (2)-double-improves.

[0020] Next lessons is taken from introduction of the concept of a ballot box and it states. In the segment detection method using the conventional Hough transformation one curve (θ , ρ) obtained by the above-mentioned (1) formula based on (x, y) is voted for the Hough flat surface. The point (θ , ρ) similarly acquired by the above-mentioned (2) types or (5) formulas is voted as one point of the Hough flat surface. For this reason it is as having stated above for the composition of the Hough flat surface to need the amount of computations and processing time immense in the former and to need a huge computer storage capacity. Unlike the case where x and y are determined without the error which carried out point (x, y) and ρ is decided this leads to increase of a computer storage capacity and a throughput and processing time increase also when error $\Delta\theta$ and variation $\Delta\rho$ which are contained in the above-mentioned gradient direction θ exist. Then the concept of a virtual vote flat surface (it is considered as a ballot box below) is introduced in order to suppress these increases and reduction of the computer storage capacity which needs improvement in the speed of processing is aimed at.

[0021] About a series of sequence of points which should be essentially extracted as one line segment at a x - y flat surface when an error is included in the gradient direction of each edge point inaccuracy $\Delta\theta$ contained in θ is assumed and amount of value changes $\Delta\rho$ of ρ is assumed. When voting for the Hough flat surface every point of the sequence of points included this error the value of θ axis serves as vote in within the limits of a between $[\theta - \Delta\theta, \theta + \Delta\theta]$ by that vote. At this time it is in ρ axis the value of $\Delta\rho$ is obtained by the above-mentioned (3) formulas $(d\rho/d\theta)|_{\theta=\theta_i}$, i.e. $\Delta\rho = \Delta\theta \cdot (d\rho/d\theta)|_{\theta=\theta_i}$ and for this reason the value of ρ serves as a following formula (6).

$$\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta + \Delta\theta \cdot (d\rho/d\theta)|_{\theta=\theta_i} \dots (6)$$

Therefore one line segment which is the range of $\theta - \Delta\theta$ and $\theta + \Delta\theta$ can be expressed at the Hough flat surface from (6) types.

[0022] In consideration of a quantization error or the error by a noise Δx and

delta y are introduced about the value of the coordinates x and y of the point in an edge image. In this case change $\Delta\theta$ under the influence of Δx and Δy is called for with a following formula (7).

$$\Delta\theta' = \Delta x \cdot \cos \theta + \Delta y \sin \theta \dots (7)$$

As a result the field at the time of its vote being cast for the sequence of points which included the error by (6) types and (7) formulas at the Hough flat surface turns into a field shown in drawing 4 and the size of a ballot box is decided. By setting up one ballot box per sequence of points originally recognized as one line segment by introducing a ballot box Even if it included the error its vote will be cast to the inside of one ballot box and the computer storage capacity which needs the conventional θ - ρ flat surface as compared with the method of dividing in the shape of a lattice and memorizing for example has decreased extremely.

[0023] Although the case where there was a line segment which should be extracted as a part for the edge image median line was assumed about the above-mentioned explanation of introducing a ballot box in consideration of an error when two or more line segments exist its vote will be cast by generating two or more ballot boxes. But about an ideal edge image the ballot box of the line segment which should be extracted and the same number is generated. Drawing 5 shows generation and the vote procedure of the ballot box. It states below.

[0024] (1) Judge first whether there is any ballot box.

(2) Herein the state where one does not exist a ballot box generates a new ballot box in accordance with the method mentioned above and casts its vote for the box.

(3) On the other hand when one or more ballot boxes exist judge whether the coordinates (θ , ρ) to vote are in the inside of a box.

(4) When these coordinates (θ , ρ) are in the inside of a ballot box cast your vote as it is in being outside it generates a new ballot box and cast your vote for that box.

(5) The ballot box generated still more later laps with the existing ballot box and a field may be shared.

In this case its vote is cast also for the existing box. In this way about two or more ballot boxes vote of all the edge points will be performed and all the edge points will be voted by any one or more ballot boxes.

[0025] Linear components are extracted as a result of the vote to a ballot box. A linear equation is called for using the center coordinates (θ, ρ) of a ballot box.

A following formula (8) is an inverse transformation type of the coordinates at the time of using the above-mentioned (2) types and (9) types are inverse transformation types of the coordinates at the time of using (5) types.

$$y = -x / \tan \theta + \rho / \sin \theta \dots (8)$$

$$y = -(x - x_m) / \tan \theta + \rho / \sin \theta + y_m \dots (9)$$

Drawing 6 expresses the relation between the straight line based on (9) types at the time of setting up a center position for error reduction (refer to drawing 3) and each parameter. In this way the number of the edge points which constitute the straight line becomes clear by counting the vote in a ballot box. In order to recognize a ballot box with few votes as a noise the threshold of the number of votes is provided and a straight line is detected based on a ballot box with the vote more than a threshold. In this way linear detection is performed without influencing the ingredient which should be detected as a straight line and which does not come out by the ingredient which should be removed and detected and which does not come out.

[0026] It is necessary to memorize the information on a ballot box field and the information on the edge point for which its vote was cast to a ballot box in addition to memory of the number of votes. Drawing 7 shows the example of composition of a ballot box data constellation. What is memorized to ballot box data is a leading address of the parameters $\delta \theta$ and $\delta \rho$ showing the number of boxes and the size of a box which were generated and the storage capacity part which stores a ballot box data constellation. By adopting such a memory method the total of a ballot box can be increased as long as a computer storage capacity allows. The element memorized by each ballot box is a leading address of the storage capacity part which stores in the stop of a ballot box

coordinates θ of the side of the both sides in alignment with a value (θ_{max}) and θ axis of the ballot box and θ -inclination $d\theta/dx$ of the medial axis of a ballot box the number of votes obtained and the edge data for which its vote was cast. As an element of each edge data the position (x_i, y_i) of an edge point and edge gradient direction θ_i are memorized. With constituting a data storage part as mentioned above extraction of linear components and detection of a line segment are performed efficiently.

[0027] In generation of two or more ballot boxes shown in drawing 5 mentioned above extraction of the straight-line portion of the drawing 6 type (8) and (9) and the composition of the ballot box data constellation shown in drawing 7 Each line segment can recognize the edge section which so to speak adopts two or more voting systems and two or more line segments share of casting a vote for two or more ballot boxes about one edge point and there is an advantage by which division-ization of a line segment is controlled by recognizing the section where each line segment is the same. On the other hand when putting a chief aim on reduction of the computer storage capacity to need and the amount of computations or shortening of computation time it is good to be based on generation and the vote procedure of the ballot box of drawing 8. Namely (1) It is judged first whether a ballot box exists.

(2) In the state where one does not exist a ballot box generates a ballot box by the method mentioned above and casts its vote for the box.

(3) When one or more ballot boxes exist judge whether the coordinates (θ, ρ) to vote are in a box.

(4) When the coordinates are in a ballot box cast your vote as it is when it is outside generate a new ballot box and cast your vote for the box.

By the above procedures vote is performed about all the edge points. Edge points will be voted [no] by one of one ballot boxes and are voted for the same edge point as two or more ballot boxes like the example of drawing 5.

[0028] Drawing 9 shows the example of composition of the ballot box data

constellation which aimed at cleanup cost reduction and has put the chief aim on reduction of the computer storage capacity to need. The necessity of memorizing the information on a ballot box field and the information on the edge point for which its vote was cast to a ballot box in addition to memory of the number of votes is **. What is memorized to ballot box data is a leading address of the parameters $\Delta\theta$ and $\Delta\rho$ showing the number and size of the generated box and the storage parts store which stores a ballot box data constellation. The element memorized by each ballot box is the leading address and the last address of the storage parts store which stores coordinates $\theta + \Delta\theta$ of the side of the both sides in alignment with the center position ($\theta + \Delta\theta$) of a ballot box and θ axis of the ballot box and θ -inclination

$\Delta\rho/\Delta\theta$ at $\theta = \theta_i$ of the medial axis of a ballot box the number of votes obtained and the edge data for which its vote was cast. As an element of each edge data they are the address of a storage parts store with which edge point data is stored and the address of a storage parts store with which the following edge point data is stored. The storage parts store in which edge point data is stored refers to the storage parts store which has memorized the edge image. Constituting a data storage part as mentioned above can extract all the linear components and line segments with a small storage capacity.

[0029] In the edge image which the noise is mixing edge dot data may be missing under the influence of a noise. For this reason in the conventional method as edge sequence of points not always continuously located in a line and shown by conventional technology explanation there is a risk of the sequence of points which should be essentially recognized as one line segment being detected as two or more line segments. In the detecting method of linear components based on the ballot box in old explanation the sequence of points which should be essentially recognized as one line segment exist as data in the same ballot box. In this case since the ballot box itself expresses linear components a line segment can be detected by extracting the element in a ballot box and assumption of the divided line segment is attained.

[0030] Drawing 10 shows the procedure (vote counting or a process of vote counting is called below) of extracting the element in a ballot box and detecting a line segment.

(1) Align the edge point data which is an element about a position for every ballot box about a valid ballot box with the number of votes obtained more than a threshold.

(2) While recognizing what is called continuous edge sequence of points that the position adjoined recognize the state of the divided edge sequence-of-points group.

(3) Find the distance of the divided edge sequence-of-points groups and recognize the sequence-of-points groups of a distance nearer than the threshold set up beforehand as one sequence-of-points group.

(4) Investigate the length of each point column group and recognize sequence of points longer than the threshold set up beforehand as a line segment.

It becomes possible to detect the line segment which does not have division by this to the edge image with which edge information was missing.

[0031] Next lessons is taken from discovery of the edge point which is not detected with shortage of contrast etc. and it states. When contrast ran short the point which is hard to recognize as an edge point may be included in the differential image. In the method described based on drawing 2 when extracting an edge point from a differential image the edge maximum point below the specified threshold is not recognized to be an edge point. This is important and required work in order to reduce the point accidentally recognized as an edge point by the influence of a noise. However in the picture for which contrast was insufficient since the difference of an effective picture signal and a mixing noise is small (i.e. since the S/N ratio is small) the point which should be recognized as an edge point will be missing. It is necessary to compensate the information on the missing edge point for improvement in the detection ratio of a line segment. Especially the edge point that shortage of contrast has not been recognized owing to is on extension of the line segment detected by the technique to the

preceding clause in many cases. Then how to search for such an edge point is described.

[0032] Drawing 11 expresses the procedure of searching for the edge point missing based on the detected line segment and describes the procedure below.

- (1) Recognize the position of the detected line segment end.
- (2) Recognize the direction of a line segment from the position of a ballot box and search for the position of the point which adjoins a line segment end in the direction which extended the line segment.
- (3) Judge whether the point which adjoins a line segment end is a maximum point.
- (4) Investigate the gradient direction of the differential value of the point which adjoins a line segment end and a tie judges whether it goes into the same ballot box as a line segment.
- (5) A tie is a maximum point and if it goes into the ballot box in which the adjoining line segment is included a tie will be added to the line segment.
- (6) When a corner point is newly added return to (1) and perform the processing recursively.

The edge point which was not detected as some edge sequence of points by this is discovered. By discovering the edge point which was not detected by generation of the edge image improvement in the detection ratio of a line segment is achieved.

[0033]

[Effect of the Invention] As explained above in this invention improvement in the speed reduction of a computer storage capacity and reduction of the amount of computations can be aimed at in detection of the line segment which used the Hough flat surface.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The diagram which illustrated the Hough flat surface.

[Drawing 2] The flow chart of edge-data acquisition.

[Drawing 3] The explanatory view of the image coordinates which considered central point coordinates.

[Drawing 4] The explanatory view of the virtual vote flat surface (ballot box) in theta-rho coordinates.

[Drawing 5] Generation of a ballot box and the flow chart of a vote procedure.

[Drawing 6] The explanatory view of the inverse transformation at the time of considering central point coordinates.

[Drawing 7] The explanatory view of the example of composition of a ballot box data constellation.

[Drawing 8] The flow chart in the case of casting one's vote for one ballot box per edge point.

[Drawing 9] The explanatory view of the example of composition of a ballot box data constellation.

[Drawing 10] The flow chart of a process of vote counting.

[Drawing 11] The search flow chart of the edge point which is not detected.

[Description of Notations]

x y x-y coordinates or an axis of coordinates

x_m y_m central point coordinates

θ ρ Hough plane coordinates

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-3421

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int.Cl.⁴

G 0 6 T 7/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/70

3 3 0 G

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-153401

(22) 出願日

平成9年(1997) 6月11日

(71) 出願人 000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72) 発明者 柴田 昌明

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

(72) 発明者 庭川 誠

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

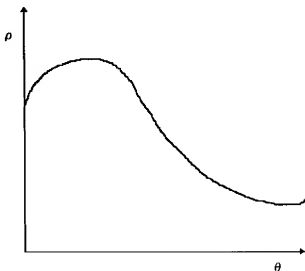
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 線分の検出方法

(57) 【要約】

【課題】 ハフ平面を用いた座標変換に当り、処理の高速化、計算機容量の低減化、計算処理の低減化を図る線分の検出方法を目的とする。

【解決手段】 画像データにつき縦・横の微分処理をして、微分値の強さと微分点の勾配方向を求め、勾配方向成分を有するエッジ画像を得るものである。



ハフ平面の例

【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像データにつき縦方向及び横方向の画像微分処理をして各画素ことの微分値の強さと微分点の勾配方向を求め、この微分値の極大値を有するエッジ点を求め、このエッジ点の微分値の強さからしきい値以上のエッジ点を求め、勾配方向成分を有するエッジ画像を得る手法を備えた線分の検出方法。

【請求項2】 エッジ点の $x-y$ 座標と勾配方向 θ とによりハフ平面での変換座標 (θ, ρ) を一義的に得る請求項1記載の線分の検出方法。

【請求項3】 エッジ点の $x-y$ 座標を画像の中心点位置との差分を採って勾配方向 θ を加味してハフ平面での変換座標を得る請求項2記載の線分の検出方法。

【請求項4】 勾配方向の誤差 $\Delta\theta$ 及び $x-y$ 座標の誤差を加味してハフ平面上に一定領域の仮想投票平面を設け、この平面にてエッジ点情報を変換（投票）するようにした請求項2記載の線分の検出方法。

【請求項5】 1個のエッジ点につき複数個の仮想投票平面にて投票を行なうようにした請求項4記載の線分の検出方法。

【請求項6】 仮想投票平面での投票回数を数え、しきい値以下の回数の仮想投票平面を除くようにした請求項4又は5記載の線分の検出方法。

【請求項7】 1個のエッジ点につき1個の仮想投票平面にて投票を行なうようにした請求項4記載の線分の検出方法。

【請求項8】 仮想投票平面への投票に当って、この仮想投票平面の個数及び各仮想投票平面のデータ群及び投票データ群を構成した請求項5記載の線分の検出方法。

【請求項9】 仮想投票平面への投票に当って、この仮想投票平面のデータ群及びエッジデータ群を構成した請求項7記載の線分の検出方法。

【請求項10】 仮想投票平面内のデータにより欠落したエッジ情報を想定する請求項4記載の線分の検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、いわゆる画像処理において特徴抽出する場合にエッジ画像中にある直線成分を抽出する方法に関するものであり、特に高速に安定した直線成分を推定する計算方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】画像処理においては、カメラ、イメージスキャナ、あるいは画像取得装置に入力された画像データから、特徴としての直線及び線分を抽出することが、様々な分野で広く行われている。例えば図面読み取り装置では、イメージスキャナから入力された図面のラスタデータから直線、円、文字等を抽出してそれぞれ個別にCADデータとして変換するが、このとき図面データから直線やその一部としての線分を抽出する処理が行

なわれている。また、画像検査装置では、例えば対象部品の線の部分の位置と方向を検査する場合、画像取得装置より入力した画像データからエッジを検出し、得られるエッジ画像中から線分を検出してその位置と方向を計測し、比較検査を行っている。

【0003】このように線分を抽出する処理は、必要不可欠なものであるが、いずれの場合も線分を構成すると仮定される点の集合の座標をもとにして、いわゆる最小二乗法を適用し、直線あるいは線分との誤差が一定値以内になるよう直線及び線分を当てはめる方法が一般的である。特に、点の集合の座標をもとに、当てはめるべき直線あるいは線分を高速に計算する方法が本出願人により提案されており（特願平8-251241号）、点の集合が一連の点列として存在している場合にはこの点列を一本の直線又は線分として当てはめ、点の集合が複数の点列として存在している場合、点列を個別の線分として検出する手法が提案されている。

【0004】また、一般にノイズの影響を低減する方法として、いわゆるハフ変換を適用する方法もある。この方法は、線分を形成する点をパラメータによって表された線群が通る定点として表現し、パラメータ表現曲線を得て線分を特定するというものである。

【0005】いずれにしても、エッジ画像中であって各点が点列から抽出される直線又は線分上に存在するか否かを判別しており、ノイズの影響により乱れた点を取り除くようにしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】エッジ画像から線分を抽出する場合、ノイズが否かの判断はなお難題であり、例えば、エッジ画像中から線分を抽出する際、本来一本の線分として抽出されるべき線分が、画像に混入したノイズの影響によって複数の線分群として抽出されてしまうことがある。この現象はノイズによって引き起こされるため、同じ物体が同じ位置と方向に設置された状態でも、しかも、同じ映像取得条件の下で撮影されたとしても、エッジ画像中から抽出される線分の長さや位置が異なる場合がある。このため、例えば画像検査装置で対象部品の位置と方向の検査を行う場合には、同じ線分が抽出されない場合があるため、安定な検査が保証されないという問題がある。

【0007】

また、ノイズの混入によりエッジ画像の局所的な情報が欠落することがあり、更には、ノイズ以外に、得られた画像のコントラスト不足の影響によってエッジとして認識されない点があることもある。この後者の現象は、外部光の影響を受ける環境において取得された画像に関して多く発生する。特に、カメラを用いて画像を取得する場合には太陽光などの自然光の下で撮像することがあり、例えば遮光されていない工場での物体認識ではエッジ検出への影響が大きいのと、産業応用での問題もある。

【0008】現在知られて方法としてノイズの影響を受けにくい線分抽出方法として前述のハフ変換を適用した手法があげられ、この手法は、具体的にエッジ画像中の任意のエッジ点の座標を $x-y$ 座標で (x_i, y_i) で表現するとき、この点をパラメータ θ, ρ によって表された線分が通る定点とし、 $\theta-\rho$ 座標にてパラメータ表現曲線を得て、線分を特定するもので、この変換座標 (θ, ρ) は定点への角度 θ と距離 ρ とからなり、座標変換処理が行なわれる。すなわち、座標 (x_i, y_i) をハフ $(\theta-\rho)$ 平面である変換座標 (θ, ρ) へ変換し、次式(1)を得る。

$$\rho = x_i \cdot \sin \theta + y_i \cdot \cos \theta \cdots (1)$$

図1は、 $x-y$ 座標の定点をハフ平面にて表した例を示している。図示の如く変換座標 (θ, ρ) は一本の曲線である。

【0009】ここで、上記(1)式にて $x-y$ 座標から求められる (θ, ρ) の組合せをハフ平面へ投影する操作を「投票」と呼ぶが、この投票操作を計算機処理に行う場合、 $\theta-\rho$ 平面を格子状に区切り、計算機記憶領域にその格子を割り当て、投票した回数を数え記憶する。そして、投票結果に関しては、相対的に投票数の多い (θ, ρ) の組を線分要素を表すパラメータとして認識する。

【0010】ところが、上述のハフ平面での問題点は次のとおりである。まず第一に、格子状の $\theta-\rho$ 平面を構成するために、非常に多くの計算機記憶容量を必要とすることである。計算機記憶容量を少なくするためには格子数を減らすことで解決されるが、 θ および ρ の値の刻み幅を大きくする必要があり、精度の低減を招いてしまう問題がある。第二の問題点としては、多くの計算処理時間が必要とされることである。これは、1つのエッジ点についての投票回数が非常に多くなり、(1)式で与えられる (θ, ρ) の組が理論上無数にあるためである。

【0011】本発明は、上述の問題に鑑み、ハフ変換による投票を行うに当り、計算機記憶容量を減少させかつ計算機処理時間を短縮して、ノイズの影響を軽減した線分の検出方法を提供する。

【0012】上述の目的を達成する本発明は、次の発明特定事項を有する。

(1) 画像データにつき縦方向及び横方向の画像微分処理をして各画素ごとの微分値の強さと微分点の勾配方向を求め、この微分値の極大値を有するエッジ点を求め、このエッジ点の微分値の強さからしきい値以上のエッジ点を求め、勾配方向成分を有するエッジ画像を得る手法を備えたことを特徴とする。

(2) (1)において、エッジ点の $x-y$ 座標と勾配方向 θ とによりハフ平面での変換座標 (θ, ρ) を一義的に得ることを特徴とする。

(3) (2)において、エッジ点の $x-y$ 座標を画像

の中心点位置との差分を採って勾配方向 θ を加味してハフ平面での変換座標を得ることを特徴とする。

(4) (2)において、勾配方向の誤差 $\Delta\theta$ 及び $x-y$ 座標の誤差を加味してハフ平面上に一定領域の仮想投票平面を設け、この平面にてエッジ点情報を変換(投票)するようにしたことを特徴とする。

(5) (4)において、1つのエッジ点につき複数個の仮想投票平面にて投票を行なうようにしたことを特徴とする。

(6) (4)又は(5)において仮想投票平面での投票回数を数え、しきい値以下の回数の仮想投票平面を除くようにしたことを特徴とする。

(7) (4)において、1つのエッジ点につき1個の仮想投票平面にて投票を行なうようにしたことを特徴とする。

(8) (5)において、仮想投票平面への投票に当って、この仮想投票平面の個数及び各仮想投票平面のデータ群及び投票データ群を構成したことを特徴とする。

(9) (7)において、仮想投票平面への投票に当って、この仮想投票面のデータ群及びエッジデータ群を構成したことを特徴とする。

(10) (4)において、仮想投票平面内のデータにより欠落したエッジ情報を想定することを特徴とする。

【0013】本発明においては、ノイズの混入によるエッジ画像の乱れがあっても直線あるいは線分を安定して抽出するものであり、換言すればノイズの混入を前提として安定に直線及び線分を抽出するものである。このために、まず例えば画像取得装置から得られた画像について微分処理を施し、微分値の強さと勾配方向を求める。次に、改良したハフ平面上に導入する仮想投票平面に対して投票を行い、直線成分の抽出を行う。そして、この仮想投票平面に投票されたエッジデータに基づいて線分の検出を行う。また、処理の高速化を図る手法にも採用する。

【0014】

【発明の実施の形態】ここで、図2～図11を参照して本発明の実施の形態の一例につき説明する。まず、カメラ、イメージスキャナ、あるいは画像取得装置により入力された画像データにつき、画像微分処理を施してエッジ画像を得る。この画像微分処理では、図2に示すように画像縦方向に1次元微分フィルタを適用した縦方向の微分画像データと、画像横方向に1次元微分フィルタを適用した横方向の微分画像データのそれぞれを得る。この縦方向微分と横方向微分によって横方向や縦方向のエッジに対応した微分データを得る。

【0015】次に、これら2つの微分画像データに基づいて、各画素ごとに縦方向の微分値と横方向の微分値の二乗平均を計算し、微分値の強さを求める。また、これと同時に、各画素ごとの縦方向の微分データの値と横方向の微分データの値に基づいて、各画素ごとの微分点の

勾配方向を計算する。これら2つの計算により、微分値の強さを示す画像データと微分点の勾配方向を示す画像データの2つの画像データを得ることになる。最後に、微分の強さを示す画像データにおいて、近傍点に対して極大である画像をエッジ極大点として定める。ここで、近傍点は、エッジ極大点の近傍に位置しかつ微分点の勾配方向を示す画像データの方向に位置する2点を指す。

【0016】こうして得られたエッジ極大点のうち、予め指定されたいき値より大きな微分値を有する点をエッジ点とする。こうして得られたエッジ点の集合がエッジ画像である。この場合、エッジ画像中のエッジ点の勾

$$p_i = x_i \cdot \sin \theta_i + y_i \cdot \cos \theta_i \quad \dots (2)$$

この(2)式にて得られる (θ_i, p_i) は変換座標において1点を表し、 x_i, y_i, θ_i が決まれば p_i が必然的に決定されることになる。すなわち、勾配方向成分を有するエッジ点の生成によりハフ平面での座標が決定され、処理時間及び計算処理量が大幅に低減される。以上の結果、エッジ点の勾配方向を求めその値を利用してハフ平面の投票点座標 (θ_i, p_i) を求めることにより、処理時間の短縮、計算処理量の低減が図られる。

【0018】次に、前述した方向成分を有するエッジ画像を生成するに当り、またこれを利用して変換座標を得るに当り、処理時間の短縮と計算処理量の低減が図られ高速座標変換方法が得られたのであるが、ここで更に計

$$\begin{aligned} d\rho/d\theta &= -x \cdot \sin \theta + y \cos \theta \\ &= \text{square root } (x^2 + y^2) \cdot \sin (\psi - \theta) \\ \psi &= \arctan (y/x) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

この場合 (x, y) はエッジ点座標であり、 θ はエッジ点の勾配方向を表す。上述の(3)(4)式からは、 ρ の変化量 $\Delta\rho$ は、 $(x^2 + y^2)$ の値が大きいき、 ρ

$$p_i = (x_i - x_m) \cos \theta_i + (y_i - y_m) \sin \theta_i \quad \dots (5)$$

ただし、座標 (x_m, y_m) は図3に示すような画像の中心点位置を表す。この(5)式 $x_i - x_m$ 及び $y_i - y_m$ の各絶対値は、 x_i 及び y_i の絶対値に比べ、全面で平均 $1/\sqrt{2}$ になるので前述の(4)式 $d\rho/d\theta$ の値は $1/\text{square root } (2)$ となる。そして、(3)式の $\Delta\rho$ も同様に $1/\text{square root } (2)$ の値となる。この結果、(5)式によって計算処理精度が $\text{square root } (2)$ 倍向上する。

【0020】次に投票箱の概念の導入につき述べる。従来のハフ変換を用いた線分検出方法では、 (x, y) に基づき前述の(1)式にて得られた1本の曲線 (θ, ρ) をハフ平面に投票する。同様に前述の(2)式又は(5)式にて得られる点 (θ_i, p_i) はハフ平面の1点として投票される。このため、ハフ平面の構成は、従来では莫大な計算処理量と処理時間とを必要としかつ膨大なる計算機記憶容量を必要とすることは前に述べたとおりである。このことは、前述の勾配方向 θ に含まれる

配方向は、前述の微分点の勾配方向を示す画像データを参照することによって得ることができる。この結果、勾配方向成分を有するエッジ画像を生成することになる。

【0017】次にハフ平面の変換(投票)につき述べるに、上述のようにして得られたエッジ画像中の任意のエッジ点の $x-y$ 座標を (x_i, y_i) とし、このエッジ点の有する勾配方向を θ_i とする。この勾配方向は前述の如く縦及び横の微分方向を示す画像データを参照することにより得られる。こうして、 x_i, y_i, θ_i を用いることにより変換座標 (θ, ρ) への変換が行なわれる。

算精度の向上を図る。前述の微分点の勾配方向を求めるに当って、算出された勾配方向データに測定誤差や計算誤差、あるいはノイズ等の誤差が含まれている場合を仮定する。この仮定に基づき θ に含まれる誤差を $\Delta\theta$ とし、またこの誤差によって引き起こされる ρ の値の変化を $\Delta\rho$ とする。

【0019】このとき、 $\Delta\theta$ と $\Delta\rho$ との関係は、次のようになる。

$$\Delta\rho = \Delta\theta \cdot (d\rho/d\theta | \theta = \theta_i) \quad \dots (3)$$

ここで、 $d\rho/d\theta | \theta = \theta_i$ の式は $\theta = \theta_i$ の際の θ に対する ρ の微分値を表す。したがって、 $d\rho/d\theta$ は次のようになる。

の誤差 $\Delta\theta$ に大きな影響を受けることが判明する。このため、この誤差による影響を低減するため前述の(2)式に代り次の(5)式を適用する。

$$p_i = (x_i - x_m) \cos \theta_i + (y_i - y_m) \sin \theta_i \quad \dots (5)$$

誤差 $\Delta\theta$ 及び変化量 $\Delta\rho$ が存在する場合も、先述した誤差なく x_i, y_i, θ_i が決定されて p_i が決まる場合とは異なり計算機記憶容量の増大、処理量や処理時間増大につながる。そこで、これらの増大を抑えるべく仮想投票平面(以下投票箱とする)の概念を導入し、処理の高速化を必要とする計算機記憶容量の低減を図っている。

【0021】本来 $x-y$ 平面にて一本の線分として抽出されるべき一連の点列について、各エッジ点の勾配方向に誤差が含まれるとき、 θ に含まれている最大誤差 $\Delta\theta$ を仮定し、 ρ の値の変化量 $\Delta\rho$ を仮定する。この誤差を含んだ点列の一点一線をハフ平面に投票するとき、その投票により θ 軸の値が $\theta - \Delta\theta$ と $\theta + \Delta\theta$ との間の範囲内での投票となる。このとき、 ρ 軸にあって $\Delta\rho$ の値は前述の(3)式、すなわち $\Delta\rho = \Delta\theta \cdot (d\rho/d\theta | \theta = \theta_i)$ にて得られ、このため ρ の値は次式(6)となる。

$$\rho = x \cdot \cos \theta + y \sin \theta + \Delta \theta \cdot (d\rho/d\theta | \theta = \theta_i) \quad \cdots (6)$$

したがって、(6)式からハフ平面にて $\theta - \Delta \theta$ 、 $\theta + \Delta \theta$ の範囲である1本の線分を表すことができる。

【0022】更に、エッジ画像中における点の座標 x 及び y の値に関し、量子化誤差やノイズによる誤差を考慮して Δx 、 Δy を導入する。この場合、 Δx 、 Δy の影響による変化 $\Delta \rho'$ は次式(7)にて求められる。

$$\Delta \rho' = \Delta x \cdot \cos \theta + \Delta y \sin \theta \quad \cdots (7)$$

この結果、(6)式、(7)式にて誤差を含んだ点列がハフ平面に投票される際の領域は、図4に示される領域となり、投票箱の大きさが決まる。投票箱の導入により、本来一本の線分として認識される点列につき一つの投票箱を設定することにより、誤差を含めても1個の投票箱内に対して投票されることになり、例えば従来の $\theta - \rho$ 平面を格子状に区画して記憶する方法と比較して、必要とする計算機記憶容量は極めて少なくなっている。

【0023】誤差を考慮して投票箱を導入するという前述の説明につき、エッジ画像中線分として抽出されるべき線分が一本の場合を仮定していたが、線分が複数存在する場合、複数の投票箱を生成して投票を行なうこととなる。もっとも理想的なエッジ画像については、抽出されるべき線分と同数の投票箱が生成される。図5は投票箱の生成と投票手順を示している。以下述べる。

【0024】(1) まず、投票箱があるか否かを判断す

$$y = -x / \tan \theta + \rho / \sin \theta \quad \cdots (8)$$

$$y = -(x - x_m) / \tan \theta + \rho / \sin \theta + y_m \quad \cdots (9)$$

図6は、誤差低減のため中心位置を設定した場合(図3参照)の(9)式に基づく直線と各パラメータとの関係を表している。こうして、投票箱中の投票を数えることにより、その直線を構成するエッジ点の数が判明する。また、投票数の少ない投票箱をノイズとして認識するために投票数のしきい値を設け、しきい値以上の投票があった投票箱に基づいて直線を検出する。こうして、直線として検出されるべきでない成分が排除かれ、また検出されるべきでない成分の影響を受けることなく直線の検出が行われる。

【0026】投票箱には票数の記憶以外に、投票箱領域の情報と投票されたエッジ点の情報を記憶する必要がある。図7は、投票箱データ群の構成例を示す。投票箱データに記憶するのは、生成された箱の数と箱の大きさを表すパラメータ $\Delta \theta$ および $\Delta \rho$ 、そして、投票箱データ群を格納する記憶容量部の先頭番地である。このような記憶方式を採用することで、投票箱の総数は計算機記憶容量が許す限り増やすことが出来る。各投票箱に記憶される要素は、投票箱の中止に値(θ_m , ρ_m)、投票箱の θ 軸に沿った両側の側面の座標 $\theta + \theta$ および $\theta - \theta$ 、投票箱の中心軸の傾き $d\rho/d\theta | \theta = \theta_i$ 、得票数、そして、投票されたエッジデータを格納する記憶容量部の先頭番地である。さらに、各エッジデータの要素としては、エッジ点の位置(x_i , y_i)とエッジ勾配方向 θ

る。

(2) ここで、投票箱が1つも存在しない状態では前述した方法に沿い新規な投票箱を生成しその箱に投票する。

(3) 一方、投票箱が1つ以上存在する場合、投票する座標(θ , ρ)が箱の内にあるか否かを判断する。

(4) この座標(θ , ρ)が投票箱の内にある場合には、そのまま投票し、外にある場合には新規な投票箱を生成し、その箱に投票する。

(5) なお、後程生成した投票箱が既存の投票箱に重なり、領域を共有することもある。

この場合には、既存の箱にも投票する。こうして、複数の投票箱について、全てのエッジ点の投票が行われ、全エッジ点はいずれか1つ以上の投票箱に投票されることになる。

【0025】投票箱への投票の結果、直線成分を抽出する。直線の方程式は投票箱の中心座標(θ , ρ)を用いて求められる。次式(8)は前述の(2)式を用いた場合の座標の逆変換式であり、(9)式は(5)式を用いた場合の座標の逆変換式である。

i を記憶しておく。以上のようにデータ記憶部を構成することで、直線成分の抽出や、線分の検出が効率よく実行される。

【0027】前述した図5に示す複数の投票箱の生成、図6式(8)(9)での直線部分の抽出、図7に示す投票箱データ群の構成においては、1つのエッジ点について複数の投票箱に票を投ずるといういわば複数投票方式を採用し、複数の線分が共有するエッジ区間をそれぞれの線分が認識でき、それぞれの線分が同じ区間を認識することで線分の分断化が抑制される利点がある。これに対して必要とする計算機記憶容量と計算処理量の低減や計算処理時間の短縮に主眼を置く場合には、図8の投票箱の生成と投票手順によるのが良い。すなわち、

(1) まず、投票箱が存在するかを判断する。

(2) 投票箱が1つも存在していない状態では、前述した方法で投票箱を生成し、その箱に投票する。

(3) 投票箱が1つ以上存在する場合、投票する座標(θ , ρ)が箱の中か否かを判断する。

(4) 同座標が投票箱の中である場合はそのまま投票し、外である場合は新たな投票箱を生成し、その箱に投票する。

以上のよう手順により、すべてのエッジ点について投票が行われる。すべてのエッジ点は、いずれかの1つの投票箱に投票されることになり、図5の例の如く複数の

投票箱に同じエッジ点が投票されることはない。

【0028】図9は、処理コスト低減を図った投票箱データ群の構成例を示しており、必要とすると計算機記憶容量の低減に主眼を置いている。投票箱には票数の記憶以外に、投票箱領域の情報と投票されたエッジ点の情報を記憶する必要がある。投票箱データに記憶するのは、生成された箱の数と大きさを表すパラメータ $\Delta\theta$ 及び $\Delta\rho$ 、そして、投票箱データ群を格納する記憶部の先頭番地である。各投票箱に記憶される要素は、投票箱の中心位置(θ_m, ρ_m)、投票箱の θ 軸に沿った両側の側面の座標 $\theta + \text{および} \theta -$ 、投票箱の中心軸の傾き $d\rho/d\theta$ 、 $\theta = \theta_i$ 、得票数、そして、投票されたエッジデータを格納する記憶部の先頭番地及び最終番地である。各エッジデータの要素としては、エッジ点データが格納されている記憶部の番地と、次のエッジ点データが格納されている記憶部の番地である。エッジ点データが格納されている記憶部とは、エッジ画像を記憶している記憶部を指す。以上のようにデータ記憶部を構成することで、少ない記憶容量ですべての直線成分および線分を抽出することができる。

【0029】ノイズが混入しているエッジ画像では、ノイズの影響によりエッジ点情報が欠落することがある。このため、エッジ点列が連続的にならないとは限らず、従来技術説明にて示したような従来の方法では、本来一本の線分として認識されるべき点列が複数の線分として検出される危険がある。これまでの説明における投票箱に基づく直線成分の検出方法では、本来一本の線分として認識されるべき点列は、同一の投票箱の中のデータとして存在する。この場合、投票箱自体が直線成分を表しているため、投票箱の中の要素を抽出することで線分を検出することができ、分断された線分の想定が可能となる。

【0030】図10は、投票箱の中の要素を抽出して線分を検出する手順（以下開票もしくは開票作業と称する）を示す。

- (1) しいき値以上の得票数のあった有効な投票箱について、各投票箱ごとに、要素であるエッジ点データを位置に関して整列する。
- (2) 位置が隣り合った、いわゆる連続したエッジ点列を認識するとともに、分断されたエッジ点列群の状態を確認する。
- (3) 分断されたエッジ点列群どうしの距離を求め、あらかじめ設定しておいたしいき値より近い距離の点列群どうしを1つの点列群として認識する。
- (4) 各点列群の長さを調べ、あらかじめ設定しておいたしいき値より長い点列を線分として認識する。これにより、エッジ情報が欠落したエッジ画像に対しても分断のない線分を検出することが可能となる。

【0031】次にコントラストの不足等により検出されないエッジ点の発見につき述べる。コントラストが不足

したことにより、エッジ点として認識したい点が微分画像に含まれていないことがある。図2に基づき述べた方法では、微分画像からエッジ点を抽出する際に、指定されたしいき値以下のエッジ極大点はエッジ点と認識されない。これは、ノイズの影響により誤ってエッジ点として認識される点を低減するために重要かつ必要な作業である。しかしながら、コントラストが不足した画像においては、有効な画像信号と混入ノイズとの差が小さいため、すなわちS/N比が小さいため、エッジ点として認識されるべき点が欠落してしまう。線分の検出率の向上のためには、欠落したエッジ点の情報を補償する必要がある。特に、コントラストの不足が原因で認識されなかったエッジ点は、前項までの手法で検出された線分の延長上にある場合が多い。そこで、そのようなエッジ点を探索する方法を述べる。

【0032】図11は検出された線分に基づいて欠落したエッジ点を探索する手順を表し、以下にその手順を述べる。

- (1) 検出された線分端の位置を認識する。
- (2) 投票箱の位置から線分の方角を認識し、線分を延長した方向で線分端に隣接する点の位置を求める。
- (3) 線分端に隣接する点が極大点か否かを判断する。
- (4) 線分端に隣接する点の微分値の勾配方向を調べ、同点が線分と同じ投票箱に入るか否かを判断する。
- (5) 同点が極大点であり、かつ、隣接する線分が含まれている投票箱に入るならば、同点を同線分に加える。
- (6) 新たに端点に加わった場合、(1)へ戻り、同処理を再帰的に実行する。

これによりエッジ点列の一部として検出されなかったエッジ点が発見される。エッジ画像の生成で検出されなかったエッジ点を見つることにより、線分の検出率の向上が図られる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、ハフ平面を用いた線分の検出に当り、高速化、計算機記憶容量の低減、及び計算処理量の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ハフ平面を例示した線図。

【図2】エッジデータ取得のフローチャート。

【図3】中心点座標を加味した画像座標の説明図。

【図4】 $\theta - \rho$ 座標での仮想投票平面（投票箱）の説明図。

【図5】投票箱の生成及び投票手順のフローチャート。

【図6】中心点座標を加味した場合の逆変換の説明図。

【図7】投票箱データ群の構成例の説明図。

【図8】エッジ点1個当り1個の投票箱に投票する場合のフローチャート。

【図9】投票箱データ群の構成例の説明図。

【図 10】 開票作業のフローチャート。

【図 11】 検出されないエッジ点の探索フローチャート。

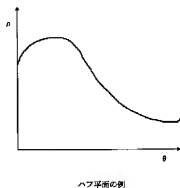
【符号の説明】

x, y $x-y$ 座標もしくは座標軸

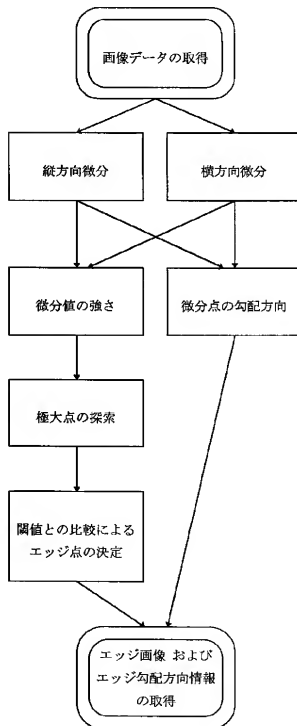
x_m, y_m 中心点座標

θ, ρ ハフ平面座標

【図 1】

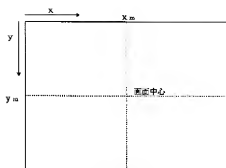


【図 2】



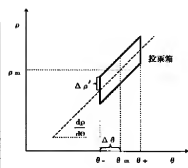
エッジデータの取得の例

【図 3】



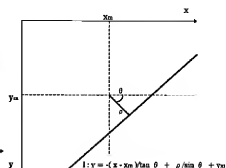
画素座標の例

【図 4】



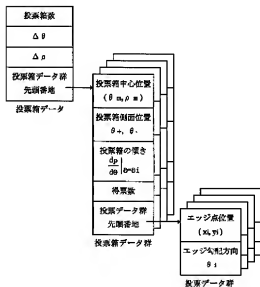
投票箱の例

【図 6】



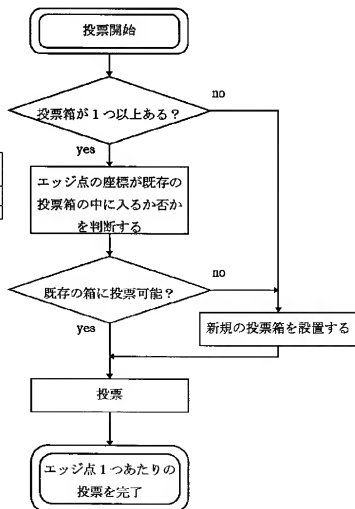
抽出された直線とパラメータの関係

【図 7】

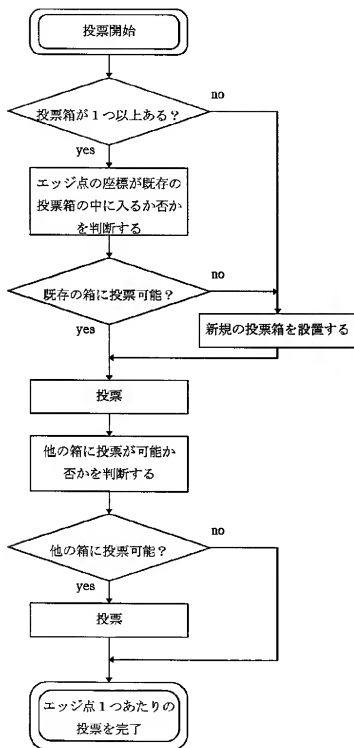


投票箱データの構成の例

【図 8】

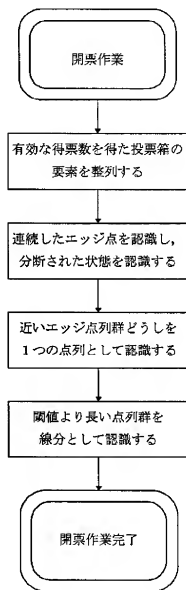


【図5】



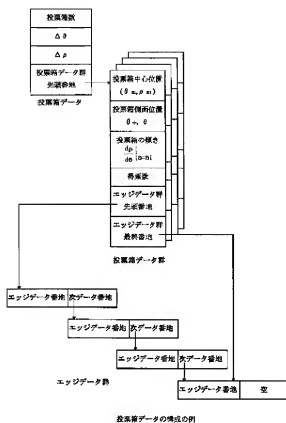
投票箱の生成と投票手順

【図10】

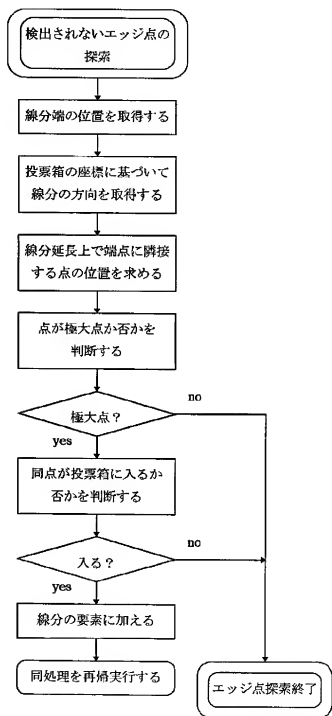


開票作業の例

【図9】



【図11】



検出されないエッジ点の探索